

Aus der Urologischen Poliklinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Professor Dr. R. Hohenfellner)
und der Nuklearmedizinischen Abteilung
der Deutschen Klinik für Diagnostik Wiesbaden

AUSSAGEWERT
NUKLEARMEDIZINISCHER UNTERSUCHUNGSMETHODEN
IN DER UROLOGIE

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Zahnheilkunde
der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den
Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Peter Laudann
aus
Gernsbach

Mainz 1974

AUSSAGEWERT
NUKLEARMEDIZINISCHER UNTERSUCHUNGSMETHODEN
IN DER UROLOGIE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552619_0058

Aus der Urologischen Poliklinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
(Direktor: Professor Dr. R. Hohenfellner)
und der Nuklearmedizinischen Abteilung
der Deutschen Klinik für Diagnostik Wiesbaden

AUSSAGEWERT
NUKLEARMEDIZINISCHER UNTERSUCHUNGSMETHODEN
IN DER UROLOGIE

Inauguraldisertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Zahnheilkunde
der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den
Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Peter Laudann
aus
Gernsbach

Mainz 1974

Fachbereichs-Dekan: Prof. Dr. J. Fischer

Referent: Prof. Dr. P. Pfannenstiel

Korreferent: Prof. Dr. F. Orestano



INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I.	EINLEITUNG	1
II.	METHODIK	3
III.	ERGEBNISSE	8
	1. Diagnostik symmetrischer und asymmetrischer Veränderungen	8
	2. Die Bedeutung gleichzeitiger Bestimmung von Ganzkörperclearance und seitengetrennter Clearance	11
	3. Beziehung zwischen Plasmakreatinin und 131-J-Hippuran-Ganzkörperclearance	14
	4. Postoperative Änderungen der Nierenfunktion bei Nephrolithiasis	19
	5. Grenzen der kompensatorischen Funktionssteigerung nach Uninephrektomie	25
	6. Verhalten des effektiven Plasmastromes vor und nach Steinkolik	33
IV.	DISKUSSION	40
	1. Seitengetrennte Clearance bei chronischer Pyelonephritis	40
	2. Abflußstörungen bei Nephrolithiasis	42
	3. Diagnostische Bedeutung der seitengetrennnten Clearance	43
	4. Katheterlose, seitengetrennte Nieren-clearance in der operativen Urologie	45
V.	ZUSAMMENFASSUNG	52
VI.	LITERATURVERZEICHNIS	55

I. EINLEITUNG

Quantitative Nierenfunktionsmessungen gehören seit langem zur nephrologischen und urologischen Diagnostik. Da die meisten Untersuchungsmethoden zeitlich und technisch aber sehr aufwendig sind, hat man versucht mit Radioisotopen Rückschlüsse auf die Nierenfunktion allein durch äußere Messung zu ziehen.

1956 wurde zu diesem Zwecke von TAPLIN (37) und WINTER (41) die Isotopennephrographie in die Klinik eingeführt. Trotz zahlreicher Bemühungen blieb das Isotopennephrogramm aber zunächst ein qualitatives Verfahren. Erst 1968 entwickelte OBERHAUSEN (23) ein Verfahren zur katheterlosen Bestimmung der renalen Clearance, das sich simultan mit dem Isotopennephrogramm durchführen ließ. Es wurde 1969 von PIXBERG (27,28) modifiziert. Diese ¹³¹J-Hippuran-Ganzkörperclearance hat folgende Vorteile: Keine iatrogene Infektion durch Ureterkatheter, kein Harnsammeln, geringer Zeitaufwand (ca. 35 min.), weitgehende Schonung des Patienten, da nur zweimal nach der Injektion der radioaktiven Substanz aus der Vena cubitalis Blut entnommen wird.

Neben diesen Funktionsuntersuchungen mit Radioisotopen unterscheidet man die Lokalisationsuntersuchungen mit der Szintigraphie. Dabei wird nach i.v. Injektion nierengängiger radioaktiver Substanzen das Nierenparenchym bildlich dargestellt.

Anhand 3jähriger Untersuchungen mit den erwähnten Verfahren wollen wir in dieser Arbeit aufzeigen, welchen Ausgangswert und welche Vorteile nuklearmedizinische Untersuchungsmethoden für die Diagnosefindung, die Therapie und die Therapiekontrolle in der Urologie besitzen.

Die Anzahl der Patienten, die in den Tabellen der einzelnen Kapitel angeführt werden, ist infolge der speziellen Fragestellung und der dafür durchgeführten Untersuchungen unterschiedlich groß.

II. METHODIK

A.) Radioisotopennephrogramm

Das Radioisotopennephrogramm ist Voraussetzung dafür, um mit Hilfe der Ganzkörperclearance-Methode Rückschlüsse auf die quantitative Funktion der Einzelniere ziehen zu können.

Man verfährt dabei folgendermaßen:

20 - 30 min vor der Radioisotopennephrographie erhält der Patient nach vorheriger Blasenentleerung 10 ml Flüssigkeit/kg, um die Untersuchung in Diurese durchzuführen. Nach Injektion von 10 - 20 uCi ¹³¹J-Hippuran wird mittels externer Detektoren, die genau über den Nieren eingestellt sind, während 20 min die Radioaktivität getrennt registriert. Man erhält 2 Radioaktivitäts-Zeit-Kurven, die im Normalfall domartig sind und 3 Phasen aufweisen (26, S. 275):

Phase I; Dauer: 10 - 30 sek; sie erfaßt überwiegend den Transfer des Radiopharmakons durch renovaskuläre, extravaskuläre und pararenale Kompartimente.

Phase II; Dauer: 2 - 5 min; sie entspricht vorwiegend der renalen Funktionsphase und ist bedingt durch renalen Blutfluß, tubuläre Sekretion, intrarenalen ¹³¹J-Hippurantransport, sowie zu einem geringen Teil durch extrarenale Radioaktivitätsabnahme.

Phase III; Dauer: 5 - 15 min; sie entsteht hauptsächlich durch die Ausscheidung der Testsubstanz in die pyeloureteralen Abflußwege, während die genannten Partialfunktionen parallel dazu ablaufen.

Das Radioisotopennephrogramm erlaubt eine seitenvergleichende Abschätzung der globalen Nierenfunktion. Zur Berechnung der seitengetrennten Clearance wird an die 2. Phase der beiden Nephrographiekurven eine Tangente gelegt. Aus dem Verhältnis beider Steigungen läßt sich mit Hilfe eines Dreisatzes aus der Ganzkörperclearance der prozentuale Anteil der Einzelniere berechnen (38).

B.) Ganzkörperclearance

Der Methode, die auf OBERHAUSEN (23) und PIXBERG (28) zurückgeht, liegt folgendes Prinzip zugrunde:

Nach einmaliger Injektion von 50 uCi ^{131}I -Hippursäure wird die zeitliche Mengenabnahme der Clearance substanz im Gesamtkörper mit Hilfe von 2 Obertischsonden registriert. Man umgeht damit weitgehend die Schwierigkeiten, die durch die unterschiedliche Verteilung der Clearance substanz in den verschiedenen Kompartimenten entstehen (29).

Um die bereits ausgeschiedene radioaktive Substanz von der Messung auszuschließen, muß die Nieren-Blasenregion vom Processus xiphoideus bis handbreit kaudal der Symphyse mit einem Bleitisch abgedeckt werden. Die beiden Sonden werden über dem Oberkörper und den Beinen eingerichtet (28). Die zeitliche Änderung der Radioaktivität im Körper wird über 35 min in Abständen von 2 min registriert. 20 und 25 min nach der Injektion werden aus der Vena cubitalis Blutproben entnommen, mit deren Hilfe sich dann nach dem FICKschen Prinzip aus der Abnahme der Clearance-Substanz und der Plasmakonzentration die Clearance berechnen läßt. Die Blutentnahmezeiten von 20 und 25 min sind unbedingt einzuhalten, da nur in dieser Zeit ein Gleichgewicht zwischen vasalem und extrazellulärem Raum besteht und somit die von OBERHAUSEN (23,24) angegebene Clearanceformel nur in diesem Bereich Gültigkeit hat.

C.) Szintigraphie

Bei der Durchführung der Szintigraphie muß man prinzipiell zwei Methoden unterscheiden:

Diejenige mit bewegtem Detektor (Scanner) und diejenige mit stationärem Detektor (Gammakamera).

Im Rahmen dieser Arbeit jedoch findet nur die Methode mit dem Scanner Anwendung.

Als Radiopharmakon werden dem Patienten etwa 2 - 4 mCi ^{99m}Tc -DTPA-Fe-Komplex injiziert. Hinsichtlich der geringeren Strahlenbelastung ist diese Substanz dem früher verwendeten ^{197}Hg -Chlormerodrin vorzuziehen (13).

Zu beachten ist ferner, daß zwischen Injektion und Szintigraphie eine gute Diurese einsetzen soll, da sonst bei gestörtem Abfluß Überstrahlungen vom Pyelon oder von den Kelchen eintreten können (30).

Nach der Injektion tastet beim Scanning der Detektor die Nierengegend des in Bauchlage befindlichen Patienten zeilenförmig ab. Da Meßkopf und Drucker synchron bewegt werden, erhält man eine Darstellung der abgetasteten Radioaktivitätsverteilung im Maßstab 1:1. Zur besseren Unterscheidung der Radioaktivitätsunterschiede ist der Drucker mit einem Farbsystem ausgerüstet, das die unterschiedlichen Impulsratenbereiche durch verschiedene Farben wiedergibt. Mit dem Scan werden Konzentrationsdifferenzen bewertet und die Nierenparenchyimbereiche lassen sich gut abgrenzen.

D.) Wertungsschlüssel

Unseren Untersuchungen haben wir folgende Wertungsschlüssel zugrunde gelegt:

Radioisotopennephrogramm:

Bei der Beurteilung des Radioisotopennephrogramms wurden die 3 pathologischen Grundtypen "Nephrektomie-Typ", "Iso-sthenurie-Typ" und "Stauungstyp" unterschieden. Partielle und totale Abflußbehinderungen wurden ungeachtet welcher Genese als Obstruktion gewertet.

Ganzkörperclearance:

Normalwerte: Männer	550 ± 130 ml/min x $1,73 \text{ m}^2$
Frauen	530 ± 110 ml/min x $1,73 \text{ m}^2$
Pathologische Werte:	350 gering pathologisch
	150 pathologisch
	150 massiv pathologisch

Szintigraphie:

Die Radioaktivitätsaufnahme im Nierenparenchym wurde als normal, inhomogen, als Speicherdefekt oder als Schrumpfnieren beurteilt.

Kreatinin:

Normalwert: 0,6 - 1,3 mg/100 ml Serum

Verlaufskontrollen der Clearancewerte:

Bei allen Auswertungen wurden zur Beurteilung der Clearance die Clearance-Mittelwerte und die Standardabweichung S berechnet.

III. ERGEBNISSE

III. 1. Diagnostik symmetrischer und asymmetrischer Veränderungen

Die nuklearmedizinischen Untersuchungsmethoden - insbesondere die katheterlose seitengenrennte Clearance - ermöglichten erst die breite diagnostische Anwendung von Funktionsuntersuchungen der Einzelniere ohne Gefährdung des Patienten.

Wir haben anhand eines Vergleiches von Ganzkörperclearance, Radioisotopennephrogramm und Szintigraphie untersucht, in welchem Prozentsatz bei chronischer Pyelonephritis (n=63) und Nephrolithiasis (n=116) symmetrische und asymmetrische Veränderungen auftraten und wie häufig diese mit einer Obstruktion kombiniert waren.

Die Diagnose aller Patienten war durch Anamnese, klinische Daten und röntgenologischen Befund gesichert. Dabei erhielten wir folgende Ergebnisse:

Chronische Pyelonephritis n=63			
	gesamt	nicht obstruktiv	obstruktiv
symmetrisch	n=19=30%	n=10=16%	n= 9=14%
asymmetrisch	n=44=70%	n=27=43%	n=17=27%

Tab.1 Häufigkeit des Auftretens symmetrischer und asymmetrischer Veränderungen bei chronischer Pyelonephritis

Nephrolithiasis n=116			
	gesamt	nicht obstruktiv	obstruktiv
symmetrisch	n=45=39%	n=15=13%	n=30=26%
asymmetrisch	n=71=61%	n=21=18%	n=50=43%

Tab.2 Häufigkeit des Auftretens symmetrischer und asymmetrischer Veränderungen bei Nephrolithiasis

Unsere Untersuchungen zeigen (Tab.1), daß chronische Pyelonephritiden überwiegend einseitig auftreten (70%); in der Mehrzahl der Fälle (43%) resultiert daraus keine Abflußbehinderung, nur in 27% war eine Obstruktion nachzuweisen. Bei den symmetrisch auftretenden Pyelonephritiden ist das Verhältnis von solchen mit und ohne Obstruktion (14% bzw. 16%) nahezu ausgeglichen.

Während in der Gruppe der chronischen Pyelonephritiden die asymmetrischen, nicht obstruktiven Veränderungen der Zahl nach überwiegen, sind bei Nephrolithiasis (Tab.2) hauptsächlich asymmetrische Veränderungen mit einer Obstruktion nachzuweisen (43%). In 39% der Fälle war bei der Nephrolithiasis keine Seitendifferenz in der Funktion nachweisbar. 13% bei seitengleicher Funktion und 18% bei seitendifferenzierter Funktion wiesen keine Obstruktion auf bei röntgenologisch festgestellten Steinen.

Um die Richtigkeit dieser Ergebnisse zu sichern, haben wir die nuklearmedizinischen mit den klinisch-röntgenologischen Diagnosen verglichen und haben hinsichtlich der symmetrischen und asymmetrischen Veränderungen mit und ohne Obstruktion eine Übereinstimmung von 92% in der Gruppe der chronischen Pyelonephritiden erhalten (Tab.3). Bei Nephrolithiasis (Tab.4) ergab sich eine stärkere Diskrepanz (29%). Mit Hilfe der seitengetrennten Clearance ließen sich in 29% der Fälle Abflußstörungen nachweisen, die klinisch-röntgenologisch nicht zu diagnostizieren waren.

Chronische Pyelonephritis n=63	
Übereinstimmung	Keine Übereinstimmung
n=58=92%	n=5=8%

Tab.3 Übereinstimmung zwischen klinisch-röntgenologischer und nuklearmedizinischer Diagnose

Abflußstörung bei Nephrolithiasis n=116	
Übereinstimmung	Keine Übereinstimmung
n=79=71%	n=37=29%

Tab.4 Übereinstimmung zwischen klinisch-röntgenologischer und nuklearmedizinischer Diagnose beim Nachweis von Abflußstörungen bei Nephrolithiasis

III. 2. Die Bedeutung gleichzeitiger Bestimmung von Ganzkörperclearance und seitengetrennter Clearance

Tritt bei Nierenerkrankungen eine Funktionsschädigung vorwiegend einseitig auf, so kann die nicht oder nur gering geschädigte kontralaterale Niere schon im Verlauf der Erkrankung den Funktionsausfall voll oder teilweise kompensieren. In solchen Fällen ist die seitengetrennte Bestimmung des effektiven renalen Plasmastromes notwendig, da die Schädigung mit der Messung der globalen Clearance bei ausreichender Kompensation nicht diagnostiziert werden kann.

Die folgenden Tabellen sollen aufzeigen, wie häufig eine solche Kompensation auftritt und in welcher Größenordnung sie liegt.

Chronische Pyelonephritis n=84					
		Seitengetrennte Clearance			
		bds. normal	bds. eingeschr.	1 Seite über Norm	Kompen- sation-
Ganzkörperclearance	normal	n=10=12%	-	n=31=37%	Ø 128 ml/min max. 248 " min. 45 "
	eingeschr.	-	n=25=30%	n=18=22%	Ø 75 ml/min max. 145 " min. 11 "

Tab.5 Häufigkeit und Größe der Kompensation durch die nicht geschädigte kontralaterale Niere bei chronischer Pyelonephritis

Nephrolithiasis n=112					
		Seitengetrennte Clearance			
		bds. normal	bds. eingeschr.	1 Seite über Norm	Kompen- sation
Ganz- körper- clea- rance	normal	n=51=48%	-	n=29=26%	Ø 78 ml/min max.285 " min. 6 "
	einge- schr.	-	n=20=18%	n=12=11%	Ø 73 ml/min max.131 " min. 4 "

Tab.6 Häufigkeit und Größe der Kompensation durch die nicht geschädigte kontralaterale Niere bei Nephrolithiasis.

Cysten und Tumoren n=34					
		Seitengetrennte Clearance			
		bds. normal	bds. eingeschr.	1 Seite über Norm	Kompen- sation
Ganz- körper- clea- rance	normal	n=8=24%	-	n=16=48%	Ø 130 ml/min max.297 " min. 8 "
	einge- schr.	-	n=5=15%	n= 5=15%	Ø 122 ml/min max.134 " min. 16 "

Tab.7 Häufigkeit und Größe der Kompensation durch die nicht oder gering geschädigte kontralaterale Niere bei Cysten und Tumoren

Das Kompensationsvermögen der nicht oder nur gering geschädigten kontralateralen Niere bei einseitiger chronischer Pyelonephritis ist der Tabelle 5 zu entnehmen. Bei 31 von 84 untersuchten Patienten erfolgte im Verlaufe der Erkrankung mit durchschnittlich 128 ml/min eine vollständige Kompensation auf das Maß zweier gesunder Nieren. Die Ganzkörperclearance alleine täuscht somit eine normale

Funktion beider Nieren vor. Bei 18 Patienten war zwar die Ganzkörperclearance eingeschränkt, die Funktion einer Niere lag aber dennoch über der Norm. Bei einer Kompensation um durchschnittlich 75 ml/min und bei stark geschädigter Gegenseite blieb jedoch eine vollständige Wiederherstellung der Gesamtfunktion aus.

In der Gruppe der Nephrolithiasispatienten (Tab.6) ist sowohl die Anzahl der Patienten, bei denen eine Mehrleistung durch die gesunde Niere eintritt, als auch das Ausmaß der Kompensation sehr viel geringer. Nur bei 29 Patienten kam es durch eine stärkere Leistung der gesunden Niere zu einer normalen Ganzkörperclearance. Die durchschnittliche Kompensationsleistung liegt in dieser Gruppe bei ca. 75 ml/min. Beim weitaus überwiegenden Teil der Steinpatienten sind sowohl Ganzkörperclearance sowie seitengetrennte Clearance normal.

Das stärkste Kompensationsvermögen wiesen Patienten der 3. Gruppe auf (Tab.7), bei denen eine Niere von Cysten oder einem Tumor befallen war. So zeigen die Werte, daß bei 21 von 34 Patienten die gesunde Niere schon während der Erkrankung - also nicht erst nach Nephrektomie - ihre Leistung um durchschnittlich 130 ml/min zu steigern vermag.

III. 3. Beziehung zwischen Plasmakreatinin und 131-J-Hippuran-Ganzkörperclearance

In der Routinediagnostik ist die Bestimmung des Kreatinins i.S. als Parameter der Nierenfunktion noch immer ein wichtiger Faktor. HÖFFLER und FIEGEL (15) weisen darauf hin, daß ein Patient die Hälfte seiner Nierenfunktion einbüßen kann, ohne daß eine Plasmakreatinin-Erhöhung auftreten muß. Sie bezeichneten deshalb den Bereich von Glomerulumfiltratwerten oberhalb 50 ml/min als "Kreatinin-blinden Bereich". Um bei Verdacht auf eine Nierenerkrankung aus einem normalen Kreatininwert keine falschen Schlüsse zu ziehen, ist die Bestimmung der renalen Clearance notwendig.

Mit unserer Untersuchung wollen wir aufzeigen, welche Beziehung zwischen Plasmakreatinin und 131-J-Hippuran-Clearance besteht und wie unterschiedlich die Aussagen beider Untersuchungsmethoden hinsichtlich der Nierenfunktion sind.

Chronische Pyelonephritis n=80				
		Ganzkörperclearance		
		normal	pathologisch	normal infolge einseitg. Kompens.
Kreatinin	normal	n=22=28%	n=30=38%	n=24=30%
i.S.	pathol.	n= 3= 4%	n=25=31%	n= 3= 4%

Tab.8 Unterschiedlichkeit der Ergebnisse von Kreatinin und Ganzkörperclearance bei chronischer Pyelonephritis

Nephrolithiasis n=100				
		Ganzkörperclearance		
		normal	pathologisch	normal infolge einseitg. Kompens.
Kreatinin	normal	n=40=40%	n=35=35%	n=22=22%
i.S.	pathol.	n= 7= 7%	n=18=18%	n= 4= 4%

Tab.9 Unterschiedlichkeit der Ergebnisse von Kreatinin und Ganzkörperclearance bei Nephrolithiasis

Nach den genannten Ergebnissen lag bei 68% der Patienten mit chronischer Pyelonephritis (Tab.8) ein normaler Kreatininwert vor, obwohl davon 38% einen pathologischen Ganzkörperperclearance-Wert aufwiesen und 30% nur dadurch eine normale Ganzkörperperclearance hatten, daß die gesunde Niere die Minderleistung der kontralateralen kranken Niere kompensatorisch ausgeglichen hatte. Bei 31% waren sowohl die Ganzkörperperclearance wie auch der Kreatininwert im Serum pathologisch, bei 28% waren beide Werte normal.

In der Gruppe der Nephrolithiasispatienten (Tab.9) liegen die Verhältnisse sehr ähnlich wie bei den chronischen Pyelonephritiden. Hier waren es 57%, die bei pathologischer (35%) bzw. kompensierter (22%) Ganzkörperperclearance einen normalen Kreatininwert aufwiesen. Die Zahl der Fälle, bei denen beide Werte im Normbereich lagen, ist jedoch bei Nephrolithiasis mit 40% gegenüber 28% höher als bei chronischer Pyelonephritis.

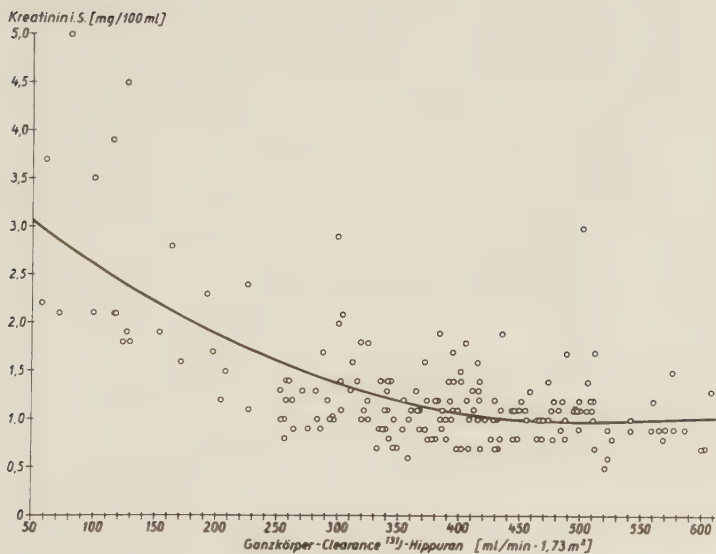


Abb. 1 Beziehung zwischen Kreatinin i.S. und ¹³¹I-Hippuran-Ganzkörperclearance.
Die Regression entspricht der Formel:
$$y = 3,55 - 0,01x + 0,00001 x^2$$

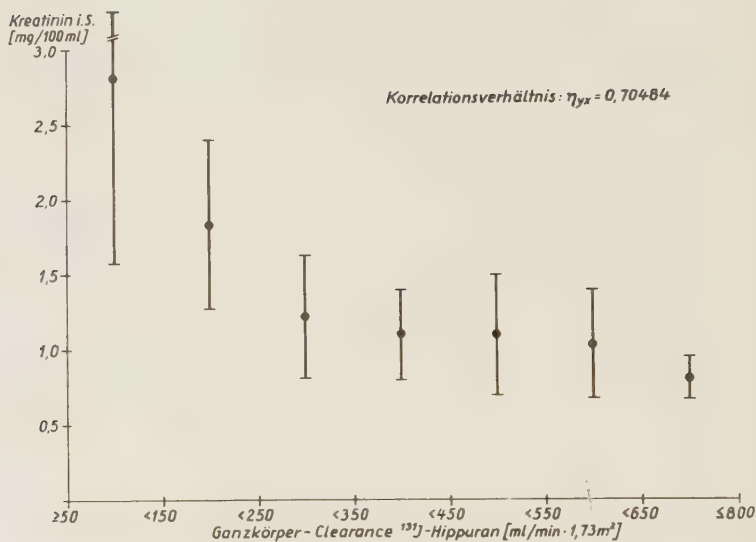


Abb. 2 Beziehung zwischen Kreatinin i.S. und ^{131}J -Hippuran-Ganzkörperclearance
Korrelationsverhältnis: $\eta_{yx} = 0,70484$

In Abb. 1 und 2 wurde die Beziehung zwischen Kreatinin i.S. und der $^{131}\text{-J-Hippuran-Ganzkörperclearance}$ graphisch dargestellt.

Kurve 1 berechneten wir nach der GAUSSschen Methode (10) durch Approximationspolynome, indem die Summe der Abweichungsquadrate minimiert wurde. Wir erhielten dabei eine Hyperbel mit der Gleichung $y = 3,55 - 0,01 x + 0,00001 x^2$. Daraus ist zu ersehen, daß die Ganzkörperclearance-Werte bis auf etwa $250 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ abfallen können, bevor das Kreatinin i.S. über $1,3 \text{ mg\%}$ ansteigt. Erst unterhalb dieses Clearance-Wertes nimmt das Kreatinin stark zu und beträgt bei einem effektiven Nierenplasmastrom von ca. $110 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ zwischen $3,5$ und $4,5 \text{ mg\%}$. Das Gros der Schnittpunkte, die im Kreatinin-Normbereich liegen, erstreckt sich von 250 bis $550 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$.

Da sich zur Beurteilung von Daten mit kurvenförmiger Regression nach GUILFORD (12) die Bestimmung des Korrelationsverhältnisses n_{yx} besonders gut eignet, haben wir in Kurve 2 die unabhängigen Variablen der x-Achse in 7 Klassen eingeteilt und für jede dieser Klassen den Mittelwert und die Standardabweichung des y-Wertes berechnet. Wir erhielten dabei das Korrelationsverhältnis $n_{yx} = 0,70484$.

Auch aus dieser Kurve geht klar hervor, daß erst etwa unterhalb eines Ganzkörperclearance-Wertes von $250 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ das Kreatinin i.S. über die Norm ansteigt. Deutlich ist hier die kurvenförmige Regression und die Schwankungsbreite der Kreatininwerte erkennbar.

III. 4. Postoperative Änderungen der Nierenfunktion bei Nephrolithiasis

Die steigende Tendenz zu organerhaltenden Eingriffen bei Nephrolithiasis verlangt nicht nur eine röntgenologisch-morphologische, sondern auch eine funktionelle Betrachtungsweise, wie sie mit Hilfe seitenge trennter katheterloser Isotopen-Clearance-Kontrollen möglich ist.

Die heute gebräuchlichsten Operationsmethoden zur Entfernung von Ausguß-, Nierenbecken- und Kelchsteinen sind die intrasinusale Pyelocalicotomie nach SURRACCO und GIL-VERNET (1965), die große longitudinale Nephrotomie oder sogenannter Sektionsschnitt und die Pyelotomie in Kombination mit mehreren kleinen Nephrotomien oder einer Polresektion.

Um das Verhalten der Nierenfunktion nach diesen Operationsverfahren beurteilen zu können, haben wir bei 50 Patienten mit Nephrolithiasis präoperativ und 2,5 und 8 Monate post operationem seitenge trennte Funktionsprüfungen vorgenommen. Der präoperative Clearance-Ausgangswert wurde gleich 100% gesetzt. Die Veränderungen im Funktionsverlauf wurden graphisch dargestellt.

Operationsmethode	Anzahl	Abb.
Pyelocalicotomie	23	3
Pyelotomie + Nephrotomie	10	5
Pyelotomie + Polresektion	4	6
longitudinale Nephrotomie (Sektionsschnitt)	13	4

Tab.10 Art und Anzahl der angewandten Operationsverfahren bei Nephrolithiasis.

Das unterschiedliche Verhalten der Nierenfunktion nach Entfernung eines Ausguß-, Nierenbecken- oder Kelchsteines mit den verschiedenen Operationsmethoden läßt sich an Abb. 3 - 6 deutlich erkennen. Abb. 3 zeigt, daß sich bei

Anwendung der Pyelocalicotomie die Funktion der operierten Niere - nach anfänglicher Steigerung um 17 % nach 2 Monaten - nach 5 Monaten nahezu wieder auf den Ausgangswert eingestellt hat. Dieser Wert von -2% ändert sich auch im Verlaufe von 9 Monaten post operationem nicht mehr wesentlich.

Sehr viel anders sieht das Bild bei Anwendung des Sektionsschnittes aus (Abb.4). Die Funktion der operierten Niere fällt über -26% nach 2 Monaten auf -45% nach 5 Monaten ab und erholt sich auch über 8 Monate hinweg nur ganz gering. Die Kontrollen nach 8 Monaten zeigen einen Funktionsverlust von durchschnittlich -40%.

Weniger schwerwiegend wirken sich dagegen solche Maßnahmen aus, die zusätzlich zur Pyelocalicotomie durchgeführt werden, wie etwa 1 - 3 kleine Nephrotomien oder eine Polresektion.

Wie der Abb. 5 zu entnehmen ist, liegen die Kontrollwerte nach Pyelocalicotomie in Kombination mit kleinen Nephrotomien, nach einem Funktionsverlust um -12% nach 2 Monaten, mit -7% nach 5 Monaten wieder sehr nahe beim Ausgangswert.

Auch bei einer zusätzlich durchgeführten Polresektion (Abb.6) ergab sich mit -4% nach 2 Monaten und -12% nach 5 Monaten ein noch relativ geringer Funktionsverlust.

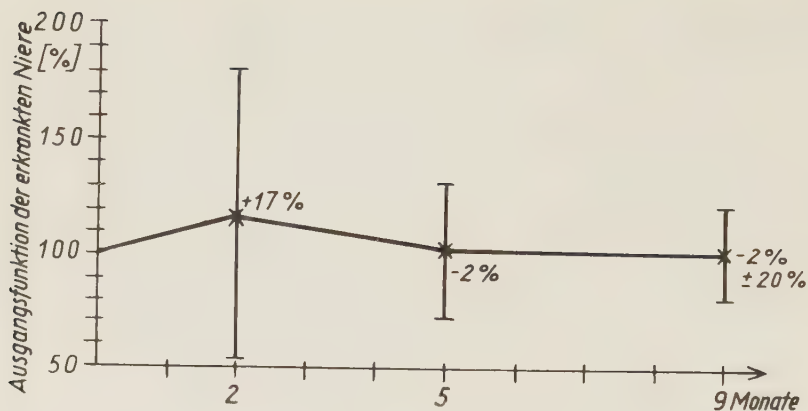


Abb. 3 Clearance-Verlaufskontrollen nach Pyelocalicotomie (n=23)

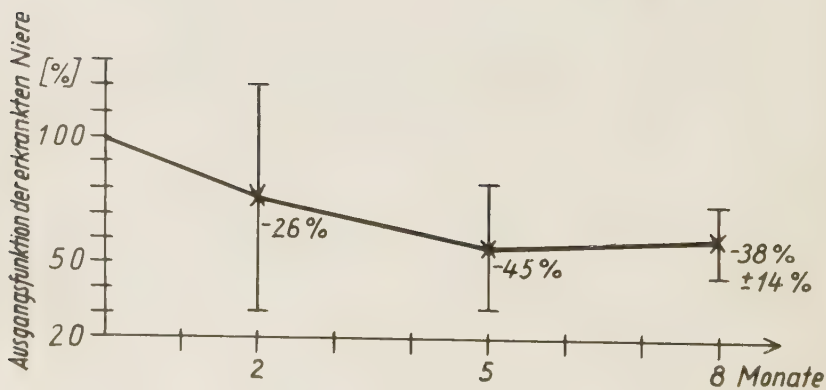


Abb. 4 Clearance-Verlaufskontrollen nach Sektionschnitt (n=13)

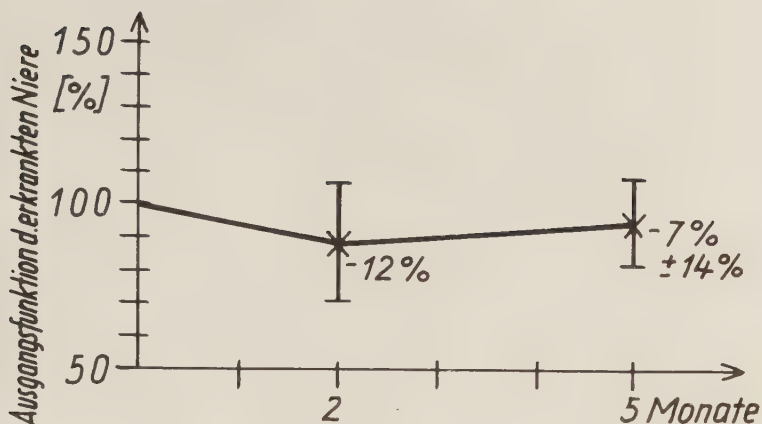


Abb. 5 Clearance-Verlaufskontrollen nach Pyelocalicotomie + Nephrotomie (n=10)

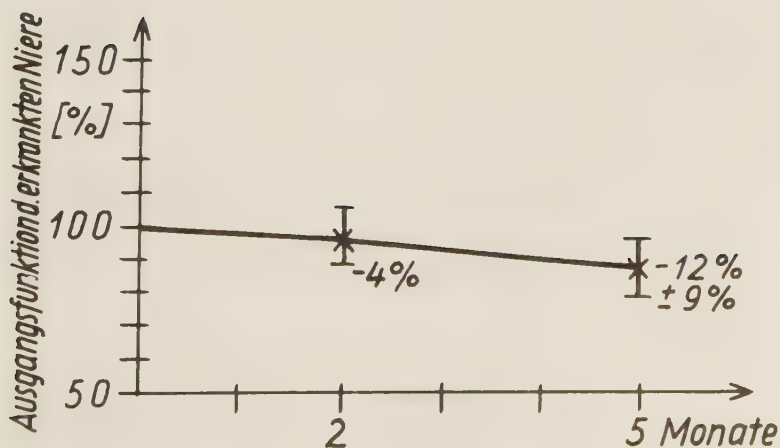


Abb. 6 Clearance-Verlaufskontrollen nach Pyelotomie + Polyresektion (n=4)

Wie sehr gewisse Faktoren der postoperativen Wiederherstellung einer normalen Nierenfunktion abträglich sein können, zeigt Tabelle 11. Dort sind alle diejenigen Patienten unseres Kollektivs (n=50) verzeichnet, deren postoperative Funktionswerte sich verschlechtert haben. Die Einteilung der Stauungsgrade erfolgte nach der von ALKEN (2, S.198) beschriebenen Methode:

Stadium I	Stadium II	Stadium III
- unveränderte Nierengröße - normale Parenchymbreite, Abplattung der Papillen, Ausweitung der Kelchnischen - zunehmende Vergrößerung des Hohlsystems der Niere	- Niere vergrößert - Verschmälerung des Parenchyms, vollständige Abplattung der Papillen	- Parenchym nur noch als schmaler Saum ausgebildet

Verschiedene Grade der Harnstauungsniere nach ALKEN (2, S.198)

Bei 10 Patienten mit dem Stauungsgrad I bestand der Stein seit 1 - 2 Jahren. In 8 Fällen lag ein Infekt vor. Mit 1 - 5 Jahren wurde die Dauer der Erkrankung von 10 Patienten angegeben, bei denen sich eine Harnstauungsniere II. Grades ausgebildet hatte. Hier kam in 4 Fällen ein Infekt hinzu.

Harnstauungsniere III. Grades hatten sich bei 4 Patienten ausgebildet, die seit 2 - 9 Jahren Kenntnis vom Vorhandensein eines Nierensteines hatten. 3mal lag hier ein Infekt vor.

postoperative Funktionsverschlechterung n=28				
n	Stauungs- grad	Dauer der Erkrankung	Infekt	
			(+)	(-)
10	I	1 - 2 Jahre	8	2
10	II	1/2 - 5 Jahre	4	6
4	III	2 - 9 Jahre	3	1
3	O	1 - 2 Jahre	3	-
1	O	2 Jahre	-	1

Tab.11 Klinische Befunde bei Patienten mit postoperativer Nierenfunktionsverschlechterung

III. 5. Grenzen der kompensatorischen Funktionssteigerung nach Uninephrektomie

Nach Untersuchungen von MERTZ und WEISS (22) sowie anderer Autoren (40) gilt es heute als gesichert, daß nach Uninephrektomie eine volle kompensatorische Mehrleistung der Restniere auf das Maß zweier gesunder Nieren möglich ist. Da diese Kompensationsfähigkeit hauptsächlich vom morphologischen und funktionellen Zustand der Restniere abhängt, sollte die Operationsindikation vom Funktionszustand der angeblich "gesunden" Niere abhängig gemacht werden. Durch die Bestimmung des seitengetrennten, effektiven Nierenplasmastromes läßt sich diese Voraussetzung schnell und sehr genau erfüllen.

Wir haben bei 95 Patienten, geordnet nach 5 verschiedenen Krankheitsgruppen, präoperativ seitengetrennte Funktionsprüfungen vorgenommen und durch postoperative Kontrollen überprüft, in welcher Größenordnung die Kompensationsfähigkeit der Restniere liegt und von welchen Faktoren sie abhängig ist.

Krankheitsgruppen	Anzahl	Abb.
entzündliche Nierenerkrankungen	27	7
chronische Pyelonephritis bei Nephrolithiasis	22	8
Hydronephrose bei Nephrolithiasis	8	9
Hypernephrome	34	10
Nierenbecken-Tumoren	4	11

Tab. 12

Tabelle 12 zeigt die 5 verschiedenen Krankheitsgruppen und die Anzahl der davon uninephrektomierten Patienten. Zur Gruppe 1, den entzündlichen Nierenerkrankungen, haben wir chronisch-abszedierende Pyelonephritiden, pyelonephritische Schrumpfnieren und tuberkulöse Schrumpfnieren

gezählt. In der Gruppe 2 waren neben einer chronischen Pyelonephritis Ausguß-, Nierenbecken- oder Kelchsteine vorhanden.

Unseren Untersuchungen haben wir mit Tab. 13 und 14 2 Sammelbetrachtungen vorangestellt, die - ungeachtet der Grunderkrankung - über die Anzahl der Patienten, über die Art und die Größenordnung der postoperativen Funktionsänderung der Restniere Auskunft geben.

	1.Kontrolle	2.Kontrolle	3.Kontrolle
Funktionssteigerung	n=55=57%	n=40=56%	n=11=58%
Funktionsminderung	n=34=36%	n=25=35%	n= 7=37%
Funktion gleichbleibend	n= $\frac{6}{95}$ = 6%	n= $\frac{6}{71}$ = 8%	n= $\frac{1}{19}$ = 5%

Tab.13 Sammelbetrachtung über die Anzahl der Patienten und die Art der postoperativen Funktionsänderung

		1.Kontr.	2.Kontr.	3.Kontr.
Funktionssteigerung	maximal	114%	127%	117%
	durchschnittl.	29%	31%	36%
Funktionsminderung	maximal	-49%	-34%	-30%
	durchschnittl.	-14%	-19%	-17%

Tab.14 Sammelbetrachtung über die Größenordnung der postoperativen Funktionsänderung (in % der Ausgangsleistung)

Aus Tab. 13 wird ersichtlich, daß in allen 3 Kontrollen, die sich über einen Zeitraum von 8 - 9 Monaten verteilten, zwischen 56% und 58% der Restnieren eine Funktionssteigerung aufwiesen. Die Anzahl der Patienten mit einer Funktionsminderung beläuft sich pro Kontrolle auf 35% - 37%. Bei 5% - 8% der Patienten blieb die Funktion der Restniere gleich.

Über das Ausmaß der Funktionsänderung der eben erwähnten Patienten gibt die Tab. 14 Auskunft. So zeigt sich, daß die Restnieren derjenigen Patienten, die eine Funktionssteigerung aufwiesen, ihre Funktion gegenüber der Ausgangsleistung um 29% in der 1., um 31% in der 2. und um 36% in der 3. Kontrolle verbesserten.

Die Maximalwerte, die zwischen 114% und 127% der Ausgangsleistung liegen, verdeutlichen das große Kompensationsvermögen einiger Nieren.

Das Ausmaß der Funktionsminderung erwies sich mit durchschnittlich -14% in der 1., -19% in der 2. und -17% in der 3. Kontrolle als relativ gering. Die Maximalwerte liegen hier zwischen -30% und -49%.

Um zu überprüfen, ob die Kompensationsfähigkeit nach Uninephrektomie von der Ausgangsleistung der Restniere und vom Alter des Patienten abhängt, haben wir in Tab. 15 und 16 entsprechende Gruppen gebildet und die durchschnittliche postoperative Funktionssteigerung aufgezeichnet.

Die erste Rubrik von Tab. 15 enthält die Ausgangsleistungen der Restnieren in ml/min, die zweite Rubrik die durchschnittliche postoperative Steigerung und die dritte bis fünfte Rubrik enthalten die Anzahl und Art der Funktionsänderung.

Es ist zu erkennen, daß in der ersten Gruppe bei einer Ausgangsleistung von 130 - 200 ml/min 9 von 10 Nieren eine durchschnittliche Funktionssteigerung von 44% erbrachten. In der Gruppe von 200 - 300 ml/min - das entspricht dem Normalwert einer gesunden Niere - war die Steigerung mit durchschnittlich +14% schon wesentlich geringer. 13 von 40 Patienten zeigten sogar eine Funktionsminderung. Bei Ausgangsleistungen von 300 - 400 ml/min war nur noch eine durchschnittliche Steigerung von +3% zu verzeichnen. In 14 Fällen fiel die Funktion postoperativ ab. Bei hohen präoperativen Ausgangswerten von 400 - 500 ml/min war in 6 von 9 Fällen eine Funktionsminderung von -4% festzustellen.

Die Tab. 16 zeigt die drei Altersgruppen, die Anzahl der Patienten pro Altersgruppe und die durchschnittlichen Leistungssteigerungen, deren Werte mit +9%, +15% und +19% nicht weit auseinanderliegen.

Ausgangsleistung	Ø Steigerung	=	↑	↓
130 - 200 ml/min	+ 44%	-	9	1
200 - 300 ml/min	+ 14%	2	25	13
300 - 400 ml/min	+ 3%	3	19	14
400 - 500 ml/min	- 4%	-	3	6

Tab.15 Postoperative Funktionsänderung in Abhängigkeit von der Ausgangsfunktion der Restniere (n=95)

Anzahl	Altersgruppen	Ø Steigerung
13	10 - 30 Jahre	+ 15%
33	30 - 50 Jahre	+ 19%
49	50 - 70 Jahre	+ 9%

Tab.16 Postoperative Funktionsänderung in Abhängigkeit vom Lebensalter (n=95)

Da Sammelbetrachtungen für die Beantwortung der Frage nach der Kompensationsfähigkeit der Restniere einen relativ geringen Aussagewert besitzen (22), haben wir - aufgegliedert nach den in Tab. 12 angegebenen Krankheitsgruppen - untersucht, wie sich die postoperativen Funktionen bei den verschiedenen Erkrankungen verhalten (Abb.7 - 11).

Abb. 7 zeigt die Ergebnisse nach Uninephrektomie bei entzündlichen Nierenerkrankungen. Die Werte liegen mit +19% nach einem Monat, +7% nach 4, +16% nach 6 und +9% nach 8 Monaten alle über dem Ausgangswert der Restniere. Selbst wenn man die Standardabweichungen betrachtet, so liegen die Clearancewerte alle nur knapp unter der 100%-Marke. In Abb. 8 sind die Ergebnisse von Nephrolithiasiskranken zusammengestellt, die mit einem Endwert von +16% nach

8 Monaten noch höher liegen als bei den entzündlichen Nierenerkrankungen. Dieser Endwert wurde bereits nach ca. 6 Monaten erreicht.

Bei den Hydronephrosen (Abb.9) zeigt sich ein Leistungsanstieg um +12% nach einem Monat, der bis auf +17% nach 4 Monaten ansteigt, um sich dann nach 8 Monaten bei +12% einzupendeln.

Die Ergebnisse der Patientengruppe mit Hypernephrom sind in Abb. 10 graphisch dargestellt. Hier zeigt sich ein langsamer, steter Anstieg der Kompensation bis auf +72% nach 9 Monaten, der nur nach 6 Monaten von einer geringen Schwankung unterbrochen wird.

Die Leistung der Restniere von Patienten mit einem Nierenbeckentumor (Abb.11) steigt nach einem Monat nur um +5% an, fällt nach 4 Monaten auf -4% ab und bleibt schließlich mit +2% nach 6 Monaten auf dem präoperativen Wert stehen. Jedoch ist dieses Kollektiv zu klein, um irgendwelche signifikanten Rückschlüsse abzuleiten.

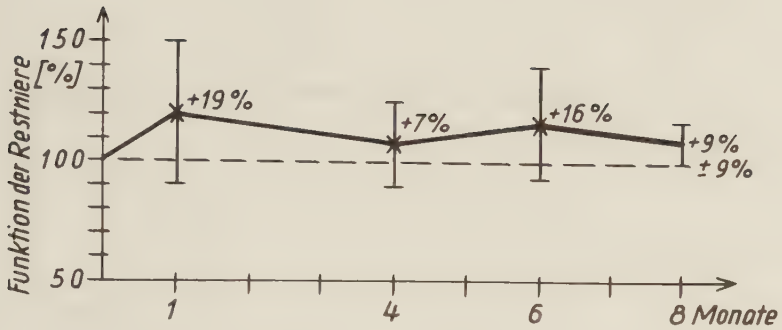


Abb. 7 Clearance-Verlaufskontrollen nach Uninephrektomie bei entzündlichen Nierenerkrankungen (n=27)

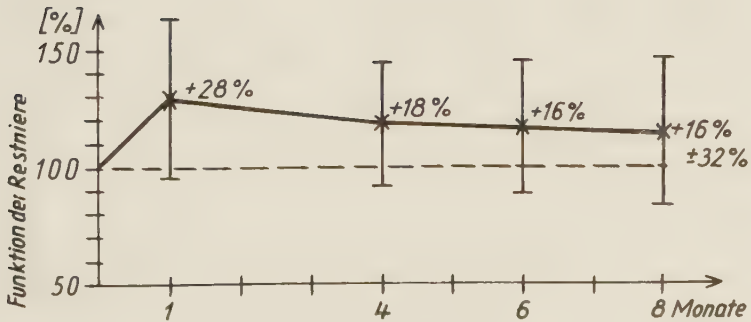


Abb. 8 Clearance-Verlaufskontrollen nach Uninephrektomie bei Nephrolithiasis (n=22)

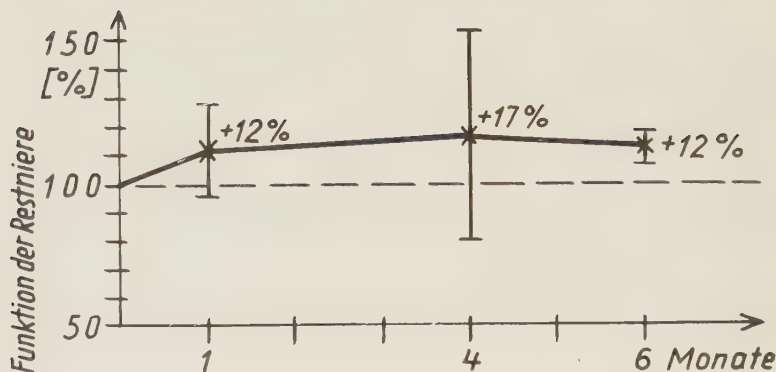


Abb. 9 Clearance-Verlaufskontrollen nach Uninephrektomie bei Hydronephrose (n=8)

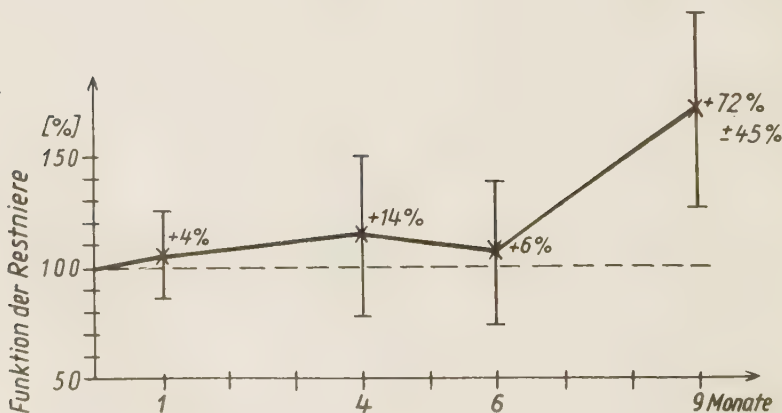


Abb. 10 Clearance-Verlaufskontrollen nach Uninephrektomie bei Hypernephrom (n=34)

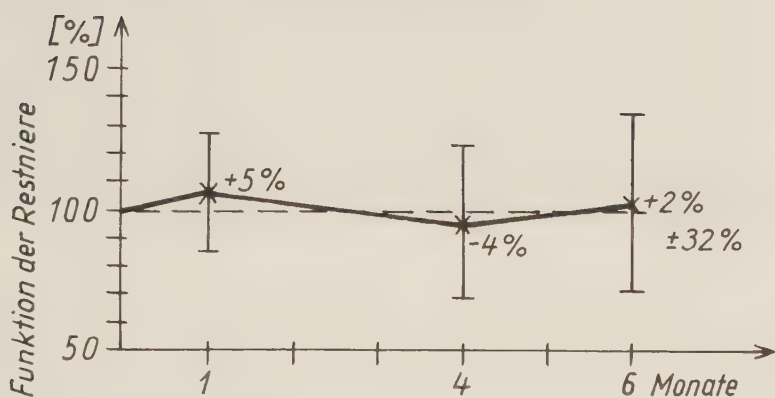


Abb. 11 Clearance-Verlaufskontrollen nach Uninephrektomie bei Nierenbeckentumor (n=4)

III. 6. Verhalten des effektiven Plasmastromes vor und nach Uretersteinkolik

Akute, obstruktive Uropathien verursachen durch den renalen Druckanstieg meist einen rapiden Funktionsverlust, der aber - abhängig von der Dauer der Stenosierung - meist rückbildungsfähig bleibt (25). Für das therapeutische Vorgehen und zur Verlaufskontrolle ist in solchen Fällen die seitengetrennte Bestimmung des effektiven Plasmastromes von großem Wert.

Mit unserer Untersuchung wollen wir zeigen, in wieviel Fällen eine Einschränkung der Nierenfunktion durch einen Ureterstein vorlag, wie sich die Funktion nach Abgang veränderte und von welchen Faktoren diese Änderung abhing.

Effektiver Plasmastrom der stenosierten Seite:		
	während der Kolik	nach der Kolik
eingeschr.	n=44=76%	gleich n= 6=13% gebessert n=35=80% verschl. n= 3= 7%
nicht eingeschränkt	n=14=24%	gleich n=10=71% verschl. n= 4=29%

Tab.17 Anzahl der Patienten und Art der Funktionsänderung während und nach Uretersteinkolik (n=58)

Tab. 17 gibt Auskunft über die Zahl der Patienten und das Verhalten des effektiven Nierenplasmastromes während und nach Uretersteinkolik: Bei 44 von 58 Patienten war der Plasmastrom der stenosierten Seite während der Kolik eingeschränkt, nur bei 14 war er normal. Nach Abgang des Steines hat sich die Funktion bei 35 der 44 Patienten, deren Plasmastrom eingeschränkt war, gebessert, bei 6 blieb sie gleich und bei 3 hat sie sich verschlechtert.

Von den 14 Patienten, deren Funktion während der Kolik nicht eingeschränkt war, blieb bei 10 Personen die Funktion nach Steinabgang gleich, bei 4 Kranken verschlechterte sie sich.

Um auch hier die Faktoren zu überprüfen, die für die Wiederherstellung einer normalen Nierenfunktion nach Uretersteinabgang von Bedeutung sein können, haben wir in Tabelle 18 und 19 untersucht, ob die Ausgangsleistung der stenosierten Niere oder das Lebensalter des Patienten dabei eine Rolle spielen.

Ausgangsleistung	Ø Steigerung	=	↑	↓
unter 100 ml/min	+ 145%	1	12	1
100 - 200 ml/min	+ 27%	4	26	1
200 - 300 ml/min	+ 13%	0	10	3

Tab.18 Funktionsänderung nach Abgang eines Uretersteines in Abhängigkeit von der Ausgangsfunktion der erkrankten Seite (n=58)

Anzahl	Altersgruppen	Ø Steigerung
5	10 - 30 Jahre	+ 51%
26	30 - 50 Jahre	+ 37%
27	50 - 70 Jahre	+ 63%

Tab.19 Funktionsänderung nach Abgang eines Uretersteines in Abhängigkeit vom Lebensalter (n=58)

Betrachtet man in Tab. 18 diejenigen Nieren, deren Funktion unter 100 ml/min abgesunken war, dann zeigt sich, daß 12 von 14 Nieren nach Steinabgang wieder einen Leistungsanstieg aufwiesen, der bei durchschnittlich +145% der Ausgangsleistung liegt. Nur bei einem Patienten blieb die Funktion gleich und bei einem anderen nahm sie ab. Bei einer Ausgangsleistung zwischen 100 und 200 ml/min erbrachten 26 von 31 Nieren eine durchschnittliche Steigerung um +27%. Und selbst in der Gruppe von 200 - 300 ml/min, also bei nahezu normalen Funktionswerten, steigerten noch 10 von 13 Nieren nach Steinabgang ihre Leistung um durchschnittlich +13%.

In Tab. 19 wurde überprüft, ob eine Beziehung zwischen Funktionsverbesserung nach Uretersteinabgang und Lebensalter des Patienten besteht.

Die Werte streuen mit +51% in der Altersgruppe von 10 - 30 Jahre, +37% in der Gruppe von 30 - 50 Jahre und +63% in der Gruppe von 50 - 70 Jahre erheblich.

In Abb. 12 - 16 ist das Verhalten der Nierenfunktion nach Abgang eines Uretersteines graphisch dargestellt. Wie aus Abb. 12 ersichtlich, liegt die Änderung der Gesamtfunktion (Ganzkörperclearance) nach Steinabgang bei +11%.

Die Steigerung der Nierenfunktion auf der erkrankten Seite beträgt beim Gesamtkollektiv (n=58) +50% der Ausgangsleistung (Abb.13).

Da dem Grad der Stauung für die Wiederherstellung der Funktion eine Bedeutung zukommt, ist in Abb. 14 die Funktionsänderung bei totalem Stau dargestellt. Sie liegt mit +47% über dem Wert aus Abb. 15. Dort beträgt die Leistungssteigerung nach partiellem Stau +30%.

Nach Ureterotomie an 11 Patienten mit einem hochgelegenen Stein ergab sich eine Leistungssteigerung von +41% (Abb.16).

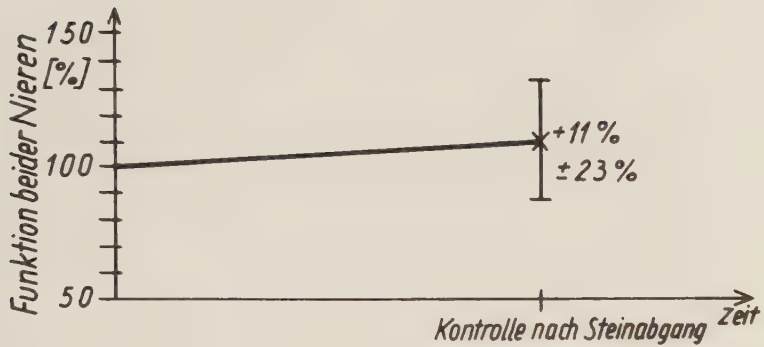


Abb. 12 Clearance-Verlaufskontrollen nach Abgang eines Uretersteines (Gesamtfunktion) (n=58)

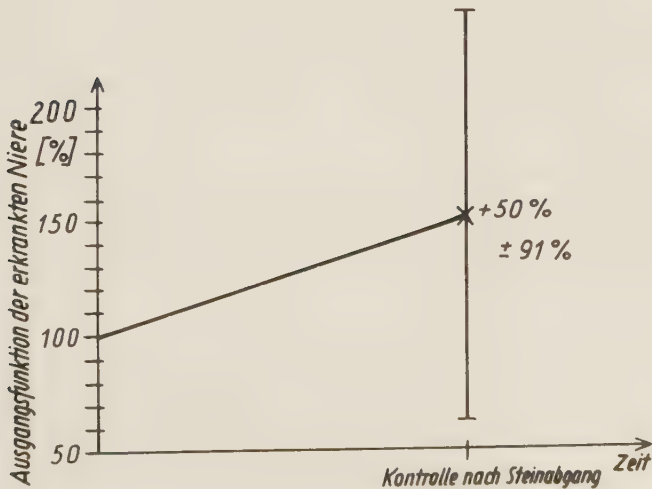


Abb. 13 Clearance-Verlaufskontrollen nach Abgang eines Uretersteines (Steinerkrankte Seite) (n=58)

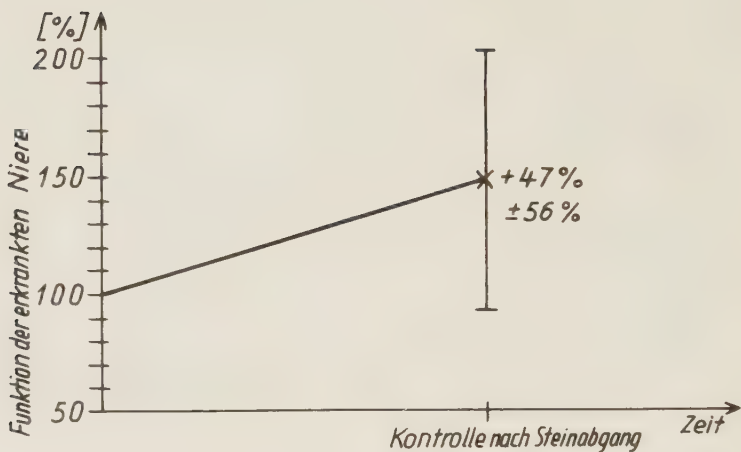


Abb. 14 Clearance-Verlaufskontrollen nach Abgang eines Uretersteines mit totalem Stau (n=21)

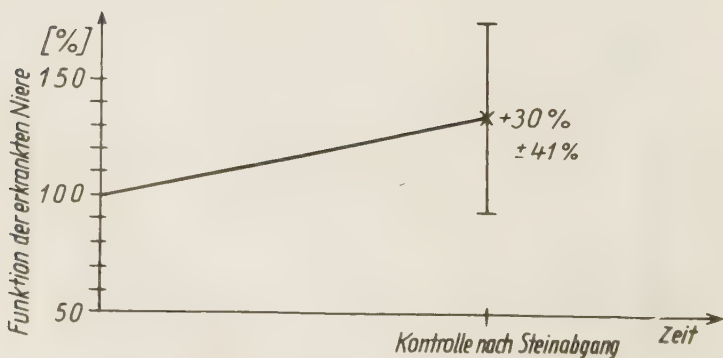


Abb. 15 Clearance-Verlaufskontrollen nach Abgang eines Uretersteines mit partiellem Stau (n=25)

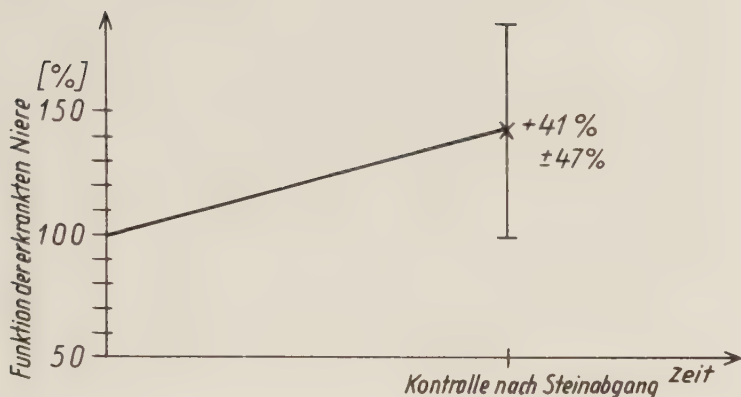


Abb. 16 Clearance-Verlaufskontrollen nach Ureterolithotomie bei hohem Ureterstein (n=11)

In Tab. 20 haben wir bestimmte klinische Ergebnisse zusammengestellt, die für die Funktionsverschlechterung bei 7 Patienten nach Uretersteinabgang mitverantwortlich gewesen sein können.

Bei 5 Patienten hatte über 1 - 10 Monate ein partieller Stau bestanden, die Steine hatten alle Linsen- bis Erbsgröße und lagen bis auf einen prävesikal. In 3 Fällen kam noch ein Infekt hinzu.

In einem Fall bestand ein totaler Stau durch einen prävesikal gelegenen, erbsgroßen Stein, außerdem war ein Infekt vorhanden. Nur in einem Fall lag der Stein hoch, woraus aber kein Stau resultierte. Die Krankheitsdauer wurde hier mit 7 Monaten angegeben.

Funktionsverschlechterung n=7					
Stau	Dauer d. Obstrukt.	Lage d. Steines	Größe d. Steines	Infekt	Leistungs- minderung
part.	4 Mo.	präves.	erbsgroß	-	-19%
part.	5 Mo.	präves.	linsengr.	+	-24%
part.	10 Mo.	präves.	erbsgroß	+	- 3%
part.	1 Mo.	Mitte	linsengr.	-	-20%
part.	1 Mo.	präves.	linsengr.	-	- 5%
-	7 Mo.	hoch	erbsgroß	-	-28%
total	6 Mo.	präves.	erbsgroß	+	-12%

Tab.20 Klinische Befunde von Patienten mit Funktionsverschlechterung nach Uretersteinabgang (n=7)

IV. DISKUSSION

IV. 1. Seitengetrennte Clearance bei chronischer Pyelonephritis

Die chronische Pyelonephritis stellt den Untersuchenden noch immer vor beachtliche Schwierigkeiten, da nach REUBI (35,S.425) keine andere Nephropathie über eine derart polymorphe Symptomatologie verfügt und die heutigen Untersuchungsmethoden alle keine absolut sichere Diagnose erlauben. Der wesentliche Nachteil bei der Diagnostik der chronischen Pyelonephritis bestand bisher darin, daß die Prüfung der Nierenfunktion bei Verdacht auf eine Nephropathie wegen der Gefahren für den Patienten meist unterbleiben mußte. Die Bestimmung von Glomerulusfiltrat und effektivem Nierenplasmastrom mit Inulin und PAH konnte nämlich nur über die Katheterisierung und eine Infusion von ca. 90 min Dauer erfolgen. Mit den nuklearmedizinischen Untersuchungsmethoden ist es hingegen sehr einfach und in relativ kurzer Zeit möglich, Angaben über die Funktion zu machen.

Es kam uns in unseren Untersuchungen darauf an zu zeigen, wie häufig Seitenunterschiede und Abflußstörungen bei chronischer Pyelonephritis und Nephrolithiasis auftreten. Unsere Untersuchungen bestätigten die Angaben von PABST (26,S.275), wonach die chronische Pyelonephritis überwiegend einseitig auftritt. 70% unserer Fälle hatten einseitige Veränderungen, davon 27% mit Obstruktion (Tab.1). Während früher nur die obstruktive Form Beachtung fand, wissen wir heute, daß auch die nicht-obstruktive chronische Pyelonephritis außerordentlich häufig vorkommt. In unserem Krankengut waren 43% der asymmetrisch und 16% der symmetrisch auftretenden Pyelonephritis nicht-obstruktiv. Nach Angaben von GLOOR (11) hat diese Form der Pyelonephritis in den letzten 10 Jahren signifikant zugenommen.

Zu den prädisponierenden Faktoren dieser nicht-obstruktiven Form gehören in erster Linie Diabetes mellitus, Gicht, Nephrokalzinose und Kalium-Mangel (34).

Da die Gefahr der Entwicklung eines Bluthochdruckes bei chronischen ein- oder doppelseitigen Pyelonephritiden besteht, ist die rechtzeitige Erkennung und Behandlung der Pyelonephritis von größter Wichtigkeit. Oft sind es pyelonephritische Schrumpfnieren, die einen Hochdruck verursachen können (34, S.352). Die Erkennung und Lokalisation dieser Nieren ist mit der seitengetrenten Clearance-Methode und der Nierenszintigraphie besonders gut möglich. Mit 69% bzw. 61% übertreffen diese Untersuchungsmethoden die diagnostische Aussage der Ausscheidungsurographie (31). Auch für die Indikation zur operativen Therapie können die Clearance-Werte der Einzelniere entscheidend sein, wenn man durch operative Entfernung der Schrumpfniere eine Besserung der Hypertonie erwartet.

Was die Treffsicherheit der nuklearmedizinischen Untersuchungsmethoden anbelangt, so zeigt unser Vergleich zwischen klinisch-röntgenologischer und nuklearmedizinischer Diagnose (Tab.3), daß nur in 5 Fällen (8%) bei chronischer Pyelonephritis keine Übereinstimmung besteht. 2mal konnten im Röntgenbild keine pyelonephritischen Veränderungen nachgewiesen werden, während jedoch die Funktion gestört war. In 3 Fällen wies man röntgenologisch Veränderungen nach, die sich funktionell und szintigraphisch aber nicht auswirkten. Beim morphologischen Nachweis pyelonephritischer Veränderungen ist die Röntgenuntersuchung der Szintigraphie zweifellos überlegen, da dort das Auflösungsvermögen sehr viel besser ist als beim Szintigramm.

IV. 2. Abflußstörungen bei Nephrolithiasis

In der Gruppe der Nephrolithiasispatienten (Tab.2) war die Zahl der einseitigen Harnabflußbehinderungen erwartungsgemäß sehr hoch (43%), jedoch ergab sich auch eine relativ hohe Zahl beidseitiger Abflußstörungen (26%). Die Beurteilung von Abflußstörungen bei Nephrolithiasis ist aus verschiedenen Gründen von großer Wichtigkeit: Zum einen spielen Hindernisse in den ableitenden Harnwegen unter den zur Pyelonephritis prädisponierenden Faktoren eine wichtige Rolle. Nach Tierversuchen von BEESON (4) nämlich führten in die Harnwege injizierte Keime erst zu Pyelonephritis, wenn gleichzeitig ein Hindernis in den ableitenden Harnwegen gesetzt wurde. Zum anderen führen länger bestehende Obstruktionen zur Beeinträchtigung der Nierenfunktion und unter Umständen zu irreversiblen Schäden.

Unsere Gegenüberstellung der Beurteilung von Harnabflußstörungen mit klinisch-röntgenologischer und nuklearmedizinischer Methode (Tab.4) ist in diesem Zusammenhang sehr interessant, da in 29% der Fälle mit der nuklearmedizinischen Methode Abflußstörungen nachgewiesen werden konnten, die röntgenologisch nicht nachweisbar waren und sonst leicht übersehen worden wären. Einschränkend muß jedoch gesagt werden, daß die mit Hilfe des Radioisotopennephrogramms diagnostizierten Abflußstörungen klinisch nur relevant sind, wenn die Untersuchung in ausreichender Diurese durchgeführt wurde.

IV. 3. Diagnostische Bedeutung der seitengetrennten Clearance

Welche Bedeutung der seitengetrennten Funktionsbestimmung zukommt, zeigt auch unsere Gegenüberstellung von Ganzkörperclearance und seitengetrennter Clearance. In allen 3 Krankheitsgruppen chronische Pyelonephritis, Nephrolithiasis, raumfordernde Prozesse (Tab.5-7) fand sich eine große Zahl solcher Patienten, deren Ganzkörperclearance dadurch normal war, daß die gesunde Niere schon während der Erkrankung eine kompensatorische Mehrleistung erbrachte. Sie glich damit den Leistungsabfall der erkrankten Niere aus. Die durchschnittliche Mehrleistung lag bei chronischen Pyelonephritiden und Cysten und Tumoren bei rund 130 ml/min, bei Nephrolithiasis bei 78 ml/min. Für den Untersuchenden ist diese Beobachtung von Bedeutung, da häufig nur die Bestimmung der globalen Nierenclearance durchgeführt wird und somit leicht eine einseitige Funktionsstörung übersehen werden kann.

Die Fähigkeit der gesunden Niere, schon während einer einseitigen Erkrankung gewisse Kompensationsvorgänge zu übernehmen, wies DHOM (6) experimentell bei einseitiger obstruktiver Uropathie nach. Eine vermehrte mitotische Aktivität und kompensatorische Hyperplasie waren nachweisbar. Diese Vorgänge treten also nicht erst nach Uninephrektomie ein, wie man früher manchmal glaubte. Die gleiche Beobachtung machte auch MAY (20) bei seitengetrennten Funktionsprüfungen vor geplanter Uninephrektomie.

Die seitengetrennte Clearancebestimmung erlaubt also gewisse Voraussagen über das Verhalten der Nierenfunktion nach geplanter Uninephrektomie zu machen und erleichtert somit in vielen Fällen die Entscheidung für einen operativen Eingriff.

Den zweifelhaften Wert der Kreatininbestimmung im Serum bei beginnender Nierenfunktionseinschränkung konnten wir

in einer anderen Untersuchung zeigen. Wir fanden in unserer Analyse eine ähnliche Beziehung zwischen Kreatinin i.S. und 131-J-Hippuran-Clearance wie HÖFFLER (15), der seine Untersuchungen mit 51-Cr-EDTA durchführte und den Bereich oberhalb 50 ml/min als "Kreatinin-blinden-Bereich" bezeichnete. Wie aus Abb. 1 und 2 deutlich zu ersehen ist, steigt das Kreatinin i.S. erst unterhalb eines J-Hippuran-Clearance-Wertes von 210 ml/min über die Normgrenze von 1,3 mg% an. Vergleicht man diese Beobachtungen mit den Ergebnissen aus Tab. 8 und 9, so wird deutlich, daß sich in dem obengenannten Bereich mit der Kreatinin-Bestimmung keine sicheren Aussagen über die Funktion der Nieren machen lassen. Wenn nämlich in 68% der Fälle von chronischer Pyelonephritis (Tab.8) ein normaler Kreatininwert gemessen wird, obgleich die Nierenfunktion ein- oder beidseitig stark eingeschränkt ist, so macht diese Diskrepanz deutlich, wie leicht eine Funktionsschädigung übersehen werden kann. Ein anderer Grund für eine Fehlbeurteilung der Nierenfunktion bei normalen Kreatininwerten kann auch die starke Abnahme der Muskelmasse sein (15).

Aus unseren Ergebnissen läßt sich weiterhin die Forderung nach seitengesetzter Clearance ableiten, da - wie aus Tab. 8 und 9 hervorgeht - sowohl das Kreatinin i.S. als auch die Ganzkörperclearance normal sein können, diese normale Ganzkörperclearance aber durch einseitige Kompensation vorgetäuscht wird.

IV. 4. Katheterlose, seitengetrennte Nierenclearance in der operativen Urologie

Große Vorteile besitzt die katheterlose Clearance auch bei der Beurteilung der verschiedenen Operationsmethoden zur Entfernung von Nierenbeckenausguß-, Nierenbecken- und Kelchsteinen. Da man die bisher notwendige Katheterisierung und die damit verbundenen Gefahren für den Patienten umgehen wollte, war man gezwungen, eine Beurteilung der Ergebnisse mit Hilfe von Kreatinin- und Harnstoffwerten, der Isotopennephrographie und des Urogramms vorzunehmen. Nach neueren Untersuchungen (7) erlaubt das Urogramm aber keine sicheren Rückschlüsse auf die Funktion.

Quantitative Untersuchungen der Einzelnierenfunktion ohne Gefährdung des Patienten und ohne großen Zeitaufwand wurden erst durch die nuklearmedizinische Methode der katheterlosen seitengetrennten Clearance möglich. So konnten wir mit dieser Methode nachweisen, daß sich die erweiterte Pyelocalicotomie nach SURRACO und GIL-VERNET am wenigsten nachteilig auf die Nierenfunktion auswirkt (Abb.3). Nach etwa 6 Monaten hatte die Nierenfunktion den Ausgangswert wieder erreicht und fiel auch im weiteren Verlauf nicht mehr signifikant ab. Die sehr viel geringeren Parenchymläsionen bei diesem Operationsverfahren bewirken hauptsächlich den deutlichen Unterschied zu den Ergebnissen nach Sektionsschnitt (Abb.4), wo die Funktion mit durchschnittlich 38% unter dem Ausgangswert blieb. Dieser Wert liegt etwas höher als der von EISEN (7) und MAY und OBERHAUSEN (18) angegebene. Er bestätigt aber die negativen Auswirkungen der Parenchymuntergänge, der intraoperativen Ischämie und der Kompressionsnekrosen beim Verschuß der Niere. Nach den von HILTNER (14) durchgeführten Untersuchungen, wonach der arterielle Substanzverlust beim Sektionsschnitt nur 10 - 23% beträgt, durch den Vorteil der übersichtlicheren Steinentfernung (21,35) und die geringere Gefahr Ureterabgangsstenosen hervorzurufen

(1), galt die longitudinale Nephrotomie früher als bevorzugtes Operationsverfahren. Wir glauben aber, daß nach unseren und den Ergebnissen anderer Autoren (7,18) der Sektionsschnitt nur noch unter strengster Indikation, wie etwa extrem engen Kelchhälsen und narbigen Verschlüssen des Sinus renalis durch Voroperation, angebracht und ein extrem gewebsschonendes Vorgehen trotz möglichst radikaler Steinentfernung geboten ist.

Werden bei kombinierten Kelch-Ausgußsteinen zusätzlich zur Pyelotomie 1 - 3 kleine Nephrotomien oder eine Polresektion notwendig, so zeigen unsere Untersuchungen (Abb.5,6), daß sich dieses Vorgehen mit -7% bzw. -12% des Ausgangswertes nicht so negativ auswirkt wie der Sektionsschnitt. Von EISEN (7) durchgeführte Untersuchungen mit dem gleichen Operationsverfahren haben einen Verlust von -5% nach 6 Monaten ergeben.

Der Erfolg eines operativen Eingriffes hängt auch hier von dem präoperativen Zustand der erkrankten Niere ab. So konnten wir feststellen (Tab.11), daß sich bei vielen Patienten, bei denen die Funktion postoperativ absank, im Laufe der Zeit eine Harnstauungsniere ausgebildet hatte. Anamnestisch konnte ein Zeitraum von 5 Monaten bis zu 9 Jahren ermittelt werden, in dem das Vorhandensein eines Nierensteines bekannt war. Wir fanden 10mal Harnstauungsniern I. und II. Grades und 4mal III. Grades. Da aber auch Harnstauungsniern II. Grades vorhanden waren, bei denen sich dank der großen Regenerationsfähigkeit des Nierenparenchyms die Funktion wieder verbesserte, sollte aus einem solchen röntgenologischen Befund nicht voreilig die Indikation zur Nephrektomie abgeleitet werden.

Die Regenerationsfähigkeit wurde von DHOM (6) eingehend untersucht. Er stellte dabei fest, daß bei akutem Harnstau zuerst eine Mitosewelle einsetzt, die Zellteilungsvorgänge ähnlich wie bei der kompensatorischen Hyperplasie beschleunigt werden und Zeichen massiv erhöhten Zell-

untergangs nicht zu sehen sind. Da die tubulären Strukturen noch über Wochen erhalten bleiben und durch die Zellteilungsvorgänge ein neugebildetes tubuläres Zellkollektiv zur Verfügung steht, besteht auch die Möglichkeit zur Wiederherstellung der Funktion, wenn die Harnstauung beseitigt wird. In experimentellen Versuchen an Ratten nieren konnte DHOM eine nahezu vollkommene Normalisierung der histologischen Struktur nachweisen (6). Die wichtigste Voraussetzung für eine solche Wiederherstellung der Morphologie und Funktion ist aber die Keimfreiheit. Tritt ein Infekt hinzu, so werden die tubulären Basalmembranen zerstört, der Parenchymverband aufgelöst und narbig ersetzt. Jede Reparation ist damit ausgeschlossen. Diese Beobachtung konnten wir bei 18 von 28 Fällen machen, bei denen ein massiver Infekt vorlag (Tab.11). Hiernach wird deutlich, warum SCHMITZ (35) und GASTEYER (9) einen besonderen Wert auf die konsequente Überwachung der Patienten und eine antibiotische Langzeittherapie legen, um bei Infektfreiheit den Erfolg der organerhaltenden Operation nicht zu gefährden.

Nach den Erfahrungen von MERTZ und WEISS (22) ist bei uninephrektomierten Patienten für den Grad einer kompensatorischen Mehrleistung der verbleibenden Niere in erster Linie deren morphologischer Zustand bedeutsam. Vor allem sind es pyelonephritische Veränderungen, die die Entwicklung einer Kompensation aufhalten oder verhindern. Die entzündlich bedingte Gewebszerstörung mit anschließender Narbenbildung verhindert die kompensatorische Hyperplasie der Restniere (6). Daher sollte bis auf Ausnahmefälle (Trauma, maligne Tumoren) die Indikation zur Nephrektomie nur nach eingehender Untersuchung der Morphologie durch Röntgenbild und Szintigramm, sowie die Funktion mit der Bestimmung der seitengetrenten Clearance gestellt werden. Nach Untersuchungen von MERTZ (22) und ROCKSTROH (33) ist die Lebenserwartung von Patienten, die ohne diese Voruntersuchungen im Glauben an eine

völlig gesunde kontralaterale Niere nephrektomiert worden waren, eindeutig verkürzt. Obwohl nach unseren Untersuchungen die Mehrzahl der Restnieren (Tab.12) in allen Kontrollen Funktionssteigerungen erbrachten, die durchschnittlich zwischen 29% und 36% lagen (Tab.13), darf nicht übersehen werden, daß die Steigerung in vielen Fällen für eine vollständige Kompensation nicht ausreicht. Betrachtet man nämlich die Ausgangsleistungen der Restnieren von 130 - 200 ml/min in Tab. 15 und rechnet die durchschnittliche Steigerungsrate von 44% hinzu, so resultiert immer noch ein relativ geringer Gesamtwert. Es ist jedoch erstaunlich, daß selbst die vorgeschädigten Restnieren noch eine solch große funktionelle Mehrleistung erbringen können. MAY (20) gibt in seinen Untersuchungen für 14 vorgeschädigte Nieren eine durchschnittliche Steigerung von 25% an. Dieser Wert liegt um 1% höher als bei seinen gesunden Nieren. Bei den gesunden Restnieren unseres Patientenkollektivs - es handelt sich hier um Patienten mit einseitigem Hypernephrom (Abb.10) - fanden wir bei langsamem, gleichmäßigem Funktionsanstieg über 8 Monate hinweg eine Kompensation um 72%, also nahezu auf das Maß zweier gesunder Nieren. Diese Ergebnisse bestätigten auch Untersuchungen von EISEN und BUSSE (8) an 6 Patienten mit gesunden Restnieren. Die Ausgangsfunktion ihrer Restnieren lag ebenso wie die Ausgangsfunktion der Restnnieren von MAY (20) schon präoperativ über 300 ml/min. Ein Zeichen, daß die Restniere in den meisten Fällen bereits vor der Nephrektomie einen Teil der Gesamtleistung übernommen hatte.

In den anderen Krankheitsgruppen entzündliche Nierenerkrankungen, Nephrolithiasis, Hydronephrosen (Abb.7,8,9) beträgt die durchschnittliche Steigerung nur zwischen 9% und 16%, ein Zeichen, daß rezidivierende Pyelonephritiden an beiden Nieren Veränderungen hervorgerufen und somit eine vollständige Kompensation verhindert haben.

Dafür spricht auch, daß in den meisten Fällen, in denen postoperativ die Funktion absank, ein massiver Infekt nachzuweisen war.

In wenigen Fällen mag - vor allem in der Gruppe mit hohen Ausgangsclearancewerten der Restniere (Tab.15) - die Funktionsverschlechterung methodisch vorgetäuscht sein, da die Backgroundsubtraktion technisch zu diesem Zeitpunkt bei unseren Untersuchungen noch nicht möglich war. (Backgroundsubtraktion: Abzug der extrarenalen Radioaktivität von der nephrographischen Kurve)

Eine Korrelation zwischen Kompensationsvermögen und Lebensalter der nephrektomierten Patienten scheint nicht zu bestehen, da gleich große Steigerungen in allen Altersgruppen auftraten. Hierin unterscheiden sich unsere Untersuchungen von denen HOGEMANS (16), der eine stärkere Kompensation bei Patienten annahm, die vor dem 30. Lebensjahr nephrektomiert worden waren.

Unsere Untersuchungen an Patienten mit akuter Ureterobstruktion haben ergeben (Tab.17), daß 76% der Erkrankten eine teils beachtliche Funktionseinschränkung der stenosierte Seite aufwiesen. Diese Einschränkung besserte sich in den meisten Fällen nach Abgang des Uretersteines (Tab.17 und 18). Nach übereinstimmenden Aussagen verschiedener Autoren (2,6,20,39) tritt eine weitgehende Wiederherstellung der Funktion in den meisten Fällen ein, nur über die Voraussetzungen und den Grad der Wiederherstellungen gehen die Meinungen teilweise auseinander.

Wir konnten feststellen, daß die Funktion nach Wegfall der Obstruktion auch bei solchen Nieren wieder stark anstieg, deren Funktion unter 100 ml/min abgesunken war (Tab.18). Da nach Untersuchungen von STECKER und GILLENWATER (36) die Funktion bei Ureterobstruktion bereits nach einer Woche auf 30% der Norm absinkt, scheint die Größe der Funktionseinschränkung eine geringere Rolle zu spielen. Sehr viel wesentlicher sind der Grad und die

Dauer der Obstruktion. Durch den erhöhten Druck tritt eine mechanische Ausdehnung des Tubulussystems mit Druckatrophie ein. Die verminderte Durchblutung führt zu einer Dehnung und Rarefizierung des Gefäßbaumes (17).

DHOM (6) fand in diesem Zusammenhang, daß nach 4tägigem kompletten Harnstau die Ausscheidung und Rückresorption noch recht gut erhalten, jedoch bereits nach 12tägiger Harnleiterunterbindung nur noch Reste davon zu sehen sind. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen VAUGHN und SWEET (39), die in experimentellen Untersuchungen an Hunden herausfanden, daß die Nierenfunktion nach 7tägiger totaler Obstruktion völlig reversibel war, nach 14tägiger Obstruktion auf ca. 25% abfiel und eine Erholung auch über längere Zeit nur noch bis auf 46% des Ursprungswertes erfolgte.

Wir fanden bei unseren Patienten nach Wegfall einer totalen Ureterobstruktion eine Verbesserung um 47% des Ausgangswertes (Abb.14), der Zeitfaktor blieb in unseren Untersuchungen jedoch unberücksichtigt.

Nach Annahme von DHOM (6) spielt auch das Lebensalter des Patienten bei der Wiederherstellung der Funktion der Harnstauungsniere eine gewisse Rolle. In unseren Untersuchungen (Tab.19) konnten wir jedoch in allen drei Altersgruppen eine gute Steigerung der Funktion nach Steinabgang feststellen, so daß wir glauben, daß dieser Faktor nicht so wesentlich ist. Da ein hochgelegener Verschuß das Nierengewebe früher und schwerer als ein tiefer schädigt (6), mußte bei 11 Patienten der hochliegende Ureterstein operativ entfernt werden. Die postoperativen Kontrollen ergaben eine Funktionsverbesserung von durchschnittlich +41% (Abb.16). Das stimmt nahezu mit Angaben von MAY (18) überein, der nach Ureterolithotomie eine postoperative Steigerung um +36% fand.

Welchen bedeutenden Anteil die erwähnten Faktoren Stauungsgrad, Dauer der Stauung, Lage und Größe des Steines

bei der Wiederherstellung einer normalen Nierenfunktion haben, zeigen auch unsere Ergebnisse aus Tab. 20, wo wir alle Patienten zusammengestellt haben, deren Funktion sich nach Steinabgang verschlechtert hatte. Hier tritt noch ein weiterer Faktor hinzu, dem nach Ansicht von DHOM (6) die größte Bedeutung zukommt: der Infekt. Während nach Untersuchungen von MAY (19) inkomplette Stauungen ohne Infekt selbst über längere Zeit oft zu keiner Funktionseinschränkung führen, verhindert eine entzündlich bedingte Zerstörung tubulärer Basalmembranen jede Reparation. Eine Wiederherstellung der Funktion muß somit ausbleiben. Dieser Mechanismus muß auch bei unseren Patienten, bei denen nach Uretersteinabgang eine Funktionsverschlechterung eintrat, als wesentliche Ursache diskutiert werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Um eine Aussage über die Wertigkeit nuklearmedizinischer Untersuchungsmethoden in der Urologie machen zu können, wurden 248 nierenkranke Patienten der Urologischen Universitätsklinik Mainz mit Hilfe der Ganzkörperperclearance, des Radioisotopennephrogramms und der Szintigraphie untersucht. Aus der Kombination von Radioisotopennephrogramm und Ganzkörperperclearance wurde ohne Anwendung eines Katheters der seitengesprengte effektive Nierenplasmastrom berechnet. Die retrospektive Analyse der Krankengeschichten erbrachte folgende Ergebnisse:

1. Bei Patienten mit chronischer Pyelonephritis fanden wir in 70% der Fälle asymmetrische Veränderungen, davon 27% mit und 43% ohne Obstruktion, und in 30% der Fälle symmetrische Veränderungen, davon 14% mit und 16% ohne Obstruktion.
2. Bei Patienten mit Nephrolithiasis waren in 61% der Fälle einseitige und bei 30% der Fälle beidseitige Funktionseinschränkungen nachweisbar. Abflußstörungen fanden sich in der Gruppe der asymmetrischen Erkrankungen in 43%, während 18% keine Abflußstörungen aufwiesen. Bei den symmetrischen Erkrankungen lagen Abflußstörungen in 26% vor, 18% waren ohne Obstruktion.
3. Für die Verlaufskontrolle und die Therapie ist die Funktionsreserve der nicht oder weniger geschädigten Niere von Bedeutung. Mit Hilfe der seitengesprengten katheterlosen Bestimmung des effektiven Nierenplasmastroms konnten wir nachweisen, daß das Kompensationsvermögen bei chronischer Pyelonephritis im Durchschnitt bei $128 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ liegt. Bei Patienten mit Nephrolithiasis nimmt die Funktion der gesunden Niere im Durchschnitt um $78 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ und bei Cysten und Tumoren um durchschnittlich $130 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ zu.

4. Das Kreatinin i.S. ist zur Beurteilung und Entdeckung beginnender Nierenerkrankungen ungeeignet. In der Gruppe der Pyelonephritis-Patienten war bei 38 % die Ganzkörperclearance pathologisch, während das Kreatinin i.S. normal war. Bei den Nephrolithiasis-Patienten konnte in 35% der Fälle eine eingeschränkte renale Clearance gemessen werden bei normalem Kreatinin i.S.. Nach unseren Auswertungen ist erst mit einem Anstieg des Kreatinins i.S. bei einem 131-J-Hippuran-Clearancewert unter $210 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ zu rechnen.

Wichtig ist die Aussage, daß in 30% der Pyelonephritis-Patienten und in 22% der Nephrolithiasis-Patienten die Funktion der nicht oder nur wenig geschädigten Niere so stark kompensiert war, daß die einseitige Funktionseinschränkung mit der globalen renalen Clearance nicht entdeckt worden wären. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der seitengetrennten renalen Clearancebestimmung.

5. Durch prä- und postoperative Kontrollen bei Entfernung von Nierenbeckenausguß- und Kelchsteinen konnte mit Hilfe der katheterlosen seitengetrennten Clearance das prä- und postoperative Funktionsverhalten kontrolliert werden. Die geringste Funktionseinschränkung zeigte sich bei der operativen Methode nach SURRACO und GILVERNET (intrasinusale Pyelocalicotomie). Die Nierenfunktion verschlechterte sich nach Anwendung dieser Methode mit -2% nur unwesentlich gegenüber -38% bei dem sogenannten Sektionsschnitt. Bei Pyelocalicotomie in Kombination mit kleinen Nephrotomien oder Polresektion lagen die Kontrollwerte bei -7% bzw. -12% der Ausgangsfunktion.
6. Das Ausmaß der Kompensation nach Uninephrektomie erwies sich in hohem Maße abhängig vom morphologischen Zustand der Restniere. Bei einseitigen Hypernephromen erreichten die Restnieren mit +72% nahezu das Maß

zweier gesunder Nieren, während bei entzündlichen Nierenerkrankungen die Funktion um +9%, bei Nephrolithiasis um +16% und bei Hydronephrosen um +12% gegenüber der Ausgangsfunktion der Restniere anstieg.

Bei nahezu 60% der uninephrektomierten Patienten ließ sich in allen 3 postoperativen Kontrollen eine Funktionssteigerung nachweisen. Die Funktionssteigerung lag im Durchschnitt bei den 5 Krankheitsgruppen bei etwa 30% der Ausgangsleistung. Vom Lebensalter war die Steigerung nicht abhängig, da in allen Altersgruppen nahezu gleiche Steigerungsraten zu verzeichnen waren.

7. Seitengetrennte Clearance-Kontrollen nach Abgang eines Uretersteins zeigten in 80% der Fälle eine deutliche Funktionsverbesserung auf der vorher stenosierten Seite. Die Funktionssteigerung war unabhängig von der Ausgangsleistung während der Stenose. Bei einem effektiven Nierenplasmastrom von $100 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2$ stieg die Clearanceleistung nach Steinabgang durchschnittlich um 45% an. Bei totalem Verschuß lag die Funktionssteigerung bei 47%, bei partieller Stenose bei 40% und nach Ureterolithotomie mit hochsitzendem Stein bei durchschnittlich 41%.

Die relativ große Zahl von 248 Patienten sowie zahlreiche Wiederholungsuntersuchungen in dem genannten Klientel konnten ohne Gefährdung und ohne wesentliche Belastung der Patienten durchgeführt werden, da die Strahlenbelastung der genannten Methoden sehr gering ist und durch das katheterlose Verfahren keine Gefährdung gegeben war.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. ALBRECHT, K.F. Die Entfernung von Korallensteinen
M. HAHN durch große longitutinale Nephroto-
B. BRINKMANN mie (sogenannter Sektionsschnitt).
Urol. int. 26 (1971), 122-137
2. ALKEN, C.E. Klinische Urologie.
W. STAEHLER Stuttgart 1973
3. ANGER, H.O. The scintillation camera for radio-
isotope localization.
In: SCHEER, K.E., G. HOFFMANN,
Radioisotope in der Lokalisations-
diagnostik.
Vierte Jahrestagung der Gesellschaft
für Nuklearmedizin Heidelberg, 6. -
8. Oktober 1966
Stuttgart 1967, 1-21
4. BEESON, P.B. Factors in the pathogenesis of pye-
lonephritis.
Yale J. Biol. Med. 28 (1955), 81
5. CASSEN, B. Instrumentation for J-131-use in
L. CURTIS medical studies.
C.W. REED Nucleonics 9 (1951), 46
R.L. LIBBY
6. DHOM, G. Pathologie der sekundären Harnabfluß-
störung im Bereich der Niere und der
oberen Harnwege.
Langenbecks Arch. Chir., Bd. 325
(Kongreßbericht) (1969), 617-628

7. EISEN, M. Nierenfunktion nach Ausgußsteinope-
K. ALTROCK ration.
H.U. PIXBERG Helv. chir. Acta 41 (1974), 309-314
P. PFANNENSTIEL
8. EISEN, M. Kompensatorische Funktionssteigerung
K. BUSSE nach einseitiger Nephrektomie.
H.U. PIXBERG Helv. chir. Acta 40 (1973), 497-500
P. PFANNENSTIEL
9. GASTEYER, K.H. Zur Therapie der Nierenbeckenausguß-
J. LENZ steine.
Langenbecks Arch. Chir., Bd. 322
(Kongreßbericht) (1968), 851-858
10. GAUSS, C.F. In: ZURMÜHL, R., Praktische Mathema-
tik für Ingenieure und Physiker.
Berlin, Heidelberg, New York 1963,
4. Aufl., 280 ff.
11. GLOOR, R. Pathologische Anatomie der Pyelo-
nephritis.
In: LOSSE, H., M. KIENITZ,
Die Pyelonephritis.
Stuttgart 1966, 57-72
12. GUILFORD, J.P. Fundamental statistics in psychology
and Education.
International Student Edition
New York 1965, 4. Aufl., 308-309
13. HENNING, K. Klinische Erfahrungen mit dem 99m-
Technetium-Eisen-Komplex zur Nieren-
szintigraphie - ein Vergleich mit
Quecksilverpräparaten.
Fortschr.Röntgenstr.109 (1968), 366-374

14. HILTNER, H. Die Operabilität des Korallensteins
der Niere.
Dissertation, Erlangen, 1960
15. HÖFFLER, D. Die Prüfung der Nierenfunktion in
P. FIEGEL der Praxis.
Actuelle Urologie 5 (1974), 17-24
16. HOGEMAN, O. Clearance tests in renal disorders
and hypertension.
Acta med. scand, Suppl. (1948), 216
17. LAUBENBERGER, Th. Die Einteilung der Harnstauungsniere
nach dem angiographischen Bild und
ihre klinische Bedeutung.
Urologe 8 (1969), 336-340
18. MAY, P. Seitengetrennte Isotopen-Clearance-
E. OBERHAUSEN Untersuchungen vor und nach operati-
ven Eingriffen bei einseitiger
Nephrolithiasis: Ein Beitrag zur
Indikation.
Verh. dtsch. Ges. Urol.,
XXV. Urologen Tagung vom 17. - 20.
Oktober 1973 in Aachen
Berlin, Heidelberg, New York 1974,
236-238
19. MAY, P. Seitengetrennte Untersuchungen der
J.G. MOORMANN Nierenfunktion mit Hilfe der Isoto-
E. SCHINDLER penclearance beim vesico-renalen
R. BERBERICH Reflux.
In: STROHMENGER, P., Der vesico-
uretero-renale Reflux.
Kinderurologisches Symposium 1973
der Urologischen Universitätsklinik,
Gesamthochschule Essen
Stuttgart 1974, 106-108

20. MAY, P. Der Einfluß einseitiger Ureterligatur und einseitiger Nephrektomie auf den effektiven Nierenplasmastrom der kontralateralen Niere.
Urol. int. 28 (1973), 187-193
21. MERIDIES, R. Funktionsminderung der Nieren nach Anwendung des "Sektionsschnittes".
Verh. dtsh. Ges. Urol.,
XXV. Urologen Tagung vom 17. - 20. Oktober 1973 in Aachen
Berlin, Heidelberg, New York 1974,
235-236
22. MERTZ, D.P.
M. WEISS Kompensatorische Nierenhypertrophie nach Uninephrektomie.
Dtsch.med.Wschr. 96 (1971), 531-538
23. OBERHAUSEN, E.
A. ROMAHN Bestimmung der Nierenclearance durch externe Gammastrahlenmessung.
In: HOFFMANN, G., R. HÖFER,
Radionuklide in der Kreislaufforschung und Kreislaufdiagnostik.
Fünfte Jahrestagung der Gesellschaft für Nuklearmedizin in Wien, 21.-23. September 1967
Stuttgart 1968, 323-326
24. OBERHAUSEN, E.
F. KRÜCK
A. ROMAHN
W. KIRSCH Vergleich zwischen der Cr-51-EDTA-Clearance nach einmaliger Injektion und der klassischen Inulinclearance.
In: GAUWERKY, F. (Hrsg.),
Deutscher Röntgenkongress 1968,
49. Tagung der Deutschen Röntgengesellschaft vom 6. - 9. Juni 1968 in Hamburg
Stuttgart 1969, 150-151

25. OBERHAUSEN, E. Nuklearmedizinische Untersuchungen.
P. MAY In: ALKEN, C.E., W. STAEHLER,
 Klinische Urologie
 Stuttgart 1973, 76-94
26. PABST, H.W. Nephrologie.
G. HÖR In: EMRICH, D., Nuklearmedizin,
 Funktionsdiagnostik,
 Stuttgart 1971, 275-312
27. PIXBERG, H.U. Katheterlose Bestimmung der seiten-
J. BAHLMANN getrennten Nierendurchblutung.
R. KLUGE Med. Klin. 66 (1971), 1015-1020
28. PIXBERG, H.U. Die Bestimmung des effektiven Nie-
G. JUST renplasmastroms mit der ¹³¹J-Hippur-
 säure-Ganzkörperclearance.
 Dtsch.med.Wschr. 96 (1971), 156-160
29. PIXBERG, H.U. Clearanceuntersuchungen mit Radio-
 nukliden.
 Habilitationsschrift,
 Hannover 1969
30. PIXBERG, H.U. Das szintigraphische Bild entzündli-
J. SCHMIDT cher und vaskulärer Nierenerkrankungen
 Med. Klin. 51 (1972), 1688-1691
31. PIXBERG, H.U. Vergleich nuklearmedizinischer und
P. PFANNENSTIEL röntgenologischer Methoden in der
 Nephro-Urologie - eine Gemeinschafts-
 studie von 16 Kliniken.
 Gemeinsamer Kongress der Deutschen
 und Österreichischen Röntgengesell-
 schaft vom 12. - 14.4.1973, Wien,
 Fortschr. Röntgenstr., Beiheft (1974),
 10 - 13

32. REUBI, F. Nierenkrankheiten.
Bern, Stuttgart 1960
33. ROCKSTROH, H. Das Lebensschicksal der Einnierigen.
Berlin 1967
34. SARRE, H. Nierenkrankheiten.
Stuttgart 1967
35. SCHMITZ, W. Klinische Erfahrungen bei 70 Fällen
von Nierenbeckenausgußsteinen.
Urologe 6, Nr. 4 (1967), 239-243
36. STECKER, J.F. Experimental partial ureteral
Jr. GILLENWATER obstruction,
I. Alteration in renal function.
Invest. Urol. 8, Nr. 4 (1971), 377-385
37. TAPLIN, G.V. The radioisotope renogram (an exter-
O.M. MEREDITH, jr. nal test for individual kidney func-
H. KADE tion and upper urinary tract patency).
C.C. WINTER J. Lab. Clin. Med. 48 (1956), 886
38. TAPLIN, G.V. The sodiumiodohippurate J-131 reno-
cystogram: Revised interpretation,
terminology and technique.
In: CROLL, M.N., L.W. BRADY,
Recent Advances in Nuclear Medicine.
New York 1966, 20-27
39. VAUGHN, E.D. Unilateral ureteral occlusion:
JR., R.E. SWEET Pattern of nephron repair and
J.Y. GILLENWATER compensatory response.
J. Urol. 109 (1973), 979-982

40. WACHTINGER, B. Veränderungen der Nierenfunktion
 G. WERNER nach einseitiger Nephrektomie.
 Ztschr. Inn. Med. 11 (1949), 435
41. WINTER, C.C. A clinical study of a new renal
 function test: The radioactive
 diodrast renogram.
 J. Urol. 76 (1956), 182

Lebenslauf

Am 28. Februar 1948 wurde ich als zweiter Sohn des Arztes Dr. Walter Laudann und seiner Ehefrau Christa, geb.Schmeil, in Gernsbach geboren.

Im Alter von 6 Jahren trat ich Ostern 1954 in die Volksschule Gernsbach ein und besuchte diese 5 Jahre lang. Meine weitere schulische Ausbildung setzte ich dann in dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Markgraf-Ludwig-Gymnasium fort, wo ich im Juni 1967 mein Abitur ablegte.

Nach Beendigung meiner Schulzeit leistete ich von Oktober 1967 bis März 1969 meinen Wehrdienst ab.

Im Sommersemester 1969 begann ich an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz mit dem Studium der Zahnmedizin, das ich am 22. Mai 1974 mit dem Staatsexamen beendete.

Herrn Prof. Dr. P. Pfannenstiel danke ich für die Überlassung des Themas und für seine freundliche Hilfe.

Herrn Prof. Dr. H.U. Pixberg, Herrn Dr. M. Eisen, Frau Dipl.-Math. Müller und Herrn Dr. G. Weyer danke ich für ihren Rat bei der Ausführung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. F. Orestano danke ich für die Übernahme des Korreferates.

